



1234 0400  
06/15/01  
7/30/01  
TJK/180/LW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: Hong-Sik BYUN et al. )  
 )  
 )  
Serial No.: 09/871,431 )  
 )  
 )  
Filed: May 31, 2001 )  
 )  
 )  
 )  
 )  
Group Art Unit:N/A

TRANSMITTAL LETTER

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231  
Box: Patent Application

Sir:

Please find enclosed the following in the above referenced patent application:

1. Submission of certified copy of priority document
2. Korean Priority Document

Please charge any additional fees to **Deposit Account No. 23-2126**. A duplicate of this transmittal is enclosed.

Please acknowledge receipt of the above by returning the enclosed stamped, self-addressed receipt postcard.

Date: 7/24/01  
Wildman, Harrold, Allen & Dixon  
225 West Wacker Drive  
Chicago, IL 60606  
Ph. (312) 201-2000  
Fax (312) 201-2555

Respectfully submitted,  
By: Timothy J. Keefer Reg. No. 35, 567

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to the Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on

July 24, 2001  
Melissa Paraday

RECEIVED  
AUG 10 2001  
TC 1700 MAIL ROOM



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARKS OFFICE

TJK/180/LW

In re Application of: Hong-Sik BYUN et al. )  
Serial No.: 09/871,431 )  
Filed: May 31, 2001 )  
Group Art Unit:N/A )

PLASMA PROCESSING  
APPARATUS

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENTS**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231  
Box: Patent Applications

Sir:

Submitted herewith is the certified copies of the original Korean foreign applications for the above referenced application based on a direct national filing in the U.S. on May 31, 2001. This U.S. application claims the priority from Korean application No: 2000-30050 filed on June 1, 2000 and meets the formality requirements set forth under 35 U.S.C. § 119.

Date:

7/24/01

Wildman, Harrold, Allen & Dixon  
0225 West Wacker Drive  
Chicago, IL 60606  
Ph. (312) 201-2000  
Fax (312) 201-2555

Respectfully submitted,

By:

Timothy J. Keffer, Reg. No. 35,567

RECEIVED  
AUG 10 2001  
1700 MAIL ROOM



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Industrial  
Property Office.

RECEIVED  
AUG 10 2001  
TIC 1700 MAIL ROOM

출원 번호 : 특허출원 2000년 제 30050 호  
Application Number

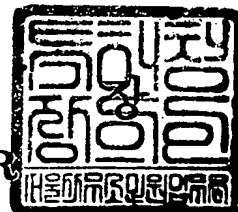
출원 년 월 일 : 2000년 06월 01일  
Date of Application

출원인 : 주성엔지니어링(주) 외 1명  
Applicant(s)



2000 년 08 월 31 일

특 허 청  
COMMISSIONER



|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| 【서류명】      | 특허출원서                              |
| 【권리구분】     | 특허                                 |
| 【수신처】      | 특허청장                               |
| 【제출일자】     | 2000.06.01                         |
| 【국제특허분류】   | C23C                               |
| 【발명의 명칭】   | 플라즈마 공정장치                          |
| 【발명의 영문명칭】 | Plasma processing apparatus        |
| 【출원인】      |                                    |
| 【명칭】       | 주성엔지니어링 주식회사                       |
| 【출원인코드】    | 1-1998-096743-0                    |
| 【출원인】      |                                    |
| 【명칭】       | 한국과학기술원                            |
| 【출원인코드】    | 3-1998-098866-1                    |
| 【대리인】      |                                    |
| 【성명】       | 허진석                                |
| 【대리인코드】    | 9-1998-000622-1                    |
| 【포괄위임등록번호】 | 1999-055099-1                      |
| 【포괄위임등록번호】 | 2000-029820-0                      |
| 【발명자】      |                                    |
| 【성명의 국문표기】 | 변홍식                                |
| 【성명의 영문표기】 | BYUN,Hong Sik                      |
| 【주민등록번호】   | 590922-1117610                     |
| 【우편번호】     | 463-500                            |
| 【주소】       | 경기도 성남시 분당구 구미동 대림아파트 107동 402호    |
| 【국적】       | KR                                 |
| 【발명자】      |                                    |
| 【성명의 국문표기】 | 권기청                                |
| 【성명의 영문표기】 | KWON,Gi Chung                      |
| 【주민등록번호】   | 690803-1772012                     |
| 【우편번호】     | 464-890                            |
| 【주소】       | 경기도 광주군 오폐면 매산리 722-1 한솔빌라 1동 102호 |
| 【국적】       | KR                                 |

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 이승원  
**【성명의 영문표기】** LEE,Sung Weon  
**【주민등록번호】** 670109-1914721  
**【우편번호】** 449-910  
**【주소】** 경기도 용인시 구성면 마북리 526-3 연원마을 LG 아파트  
102동 202호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 김홍습  
**【성명의 영문표기】** KIM,Hong Seub  
**【주민등록번호】** 641221-1383025  
**【우편번호】** 449-840  
**【주소】** 경기도 용인시 수지읍 풍덕천리 1065 신정마을 주공아파트  
112동 203 호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 한순석  
**【성명의 영문표기】** HAN,Sun Seok  
**【주민등록번호】** 660212-1661919  
**【우편번호】** 442-470  
**【주소】** 경기도 수원시 팔달구 영통동 964-5 신나무실 주공아파트  
517동 1501 호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 이용관  
**【성명의 영문표기】** LEE,Yong Kwan  
**【주민등록번호】** 710321-1558811  
**【우편번호】** 302-150  
**【주소】** 대전광역시 서구 만년동 281 상록수아파트 107동 102호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 이동석  
**【성명의 영문표기】** LEE,Dong Seok

|            |  |
|------------|--|
| 【주민등록번호】   | 760816-1120712                                 |
| 【우편번호】     | 607-122  |
| 【주소】       | 부산광역시 동래구 사직2동 632-94 유원아파트 101동 502호          |
| 【국적】       | KR   |
| 【발명자】      |  |
| 【성명의 국문표기】 | 장홍영  |
| 【성명의 영문표기】 | CHANG, Hong Young                              |
| 【주민등록번호】   | 540105-1056210                                 |
| 【우편번호】     | 305-333  |
| 【주소】       | 대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 107동 1504호                 |
| 【국적】       | KR   |
| 【취지】       | 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인<br>석 (인) 허진 |
| 【수수료】      |  |
| 【기본출원료】    | 20 면 29,000 원                                  |
| 【가산출원료】    | 2 면 2,000 원                                    |
| 【우선권주장료】   | 0 건 0 원  |
| 【심사청구료】    | 0 항 0 원  |
| 【합계】       | 31,000 원                                       |
| 【첨부서류】     | 1. 요약서·명세서(도면)_1통                              |

**【요약서】****【요약】**

대면적의 기판을 가공할 수 있는 대규모의 초단파 병렬 안테나 유도결합 플라즈마를 발생시키는 플라즈마 공정장치에 대해 개시한다. 본 발명의 장치에서는, 병렬 안테나를 사용하여 고밀도 플라즈마를 발생시키기 위해 초단파(VHF) 전원과, 이 초단파 전원으로부터 초단파 전력을 공급받는 병렬 안테나 장치가 제공된다. 여기서, 초단파 전원이란 20~300MHz 범위의 주파수를 갖는 초단파 전력을 발생시키는 장비를 말한다. 본 발명의 장치에 따르면, 플라즈마 밀도를 높일 수 있을 뿐 아니라 플라즈마 온도를 낮출 수 있으므로, CF<sub>x</sub> 계열의 식각기체를 사용하여 건식 식각공정을 진행할 경우, 식각반응기체 중 CF<sub>2</sub>, CF<sub>3</sub> 등의 존재율은 높은 반면 F 라디칼의 생성율은 낮도록 CF<sub>x</sub>와 F의 라디칼 비율을 적절하게 할 수 있다. 따라서, 공정선택비 향상을 위한 적절한 라디칼 비율로 인해 특히 우수한 건식식각 공정결과를 얻을 수 있다.

**【대표도】**

도 3a

**【색인어】**

플라즈마, 유도결합, 초단파, 병렬, 안테나, 라디칼, 공진, 전자온도

**【명세서】****【발명의 명칭】**

플라즈마 공정장치 {Plasma processing apparatus}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 종래의 유도 결합 방식의 플라즈마 공정장치를 개략적으로 나타낸 단면도;

도 2a는 종래기술의 유도결합형 플라즈마 공정장치에 사용되는 안테나와 고주파 전원의 일례를 나타낸 개략도;

도 2b는 도 2a의 등가회로도;

도 2c는 종래기술의 유도결합형 플라즈마 공정장치에 사용되는 안테나와 고주파 전원의 다른 예를 나타낸 개략도;

도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 공정장치의 개략적 단면도;

도 3b는 도 3a의 플라즈마 공정장치에 사용되는 안테나와 고주파 전원의 일례를 나타낸 개략도;

도 3c는 도 3b의 등가회로도;

도 3d는 본 발명의 다른 실시예에 따른 플라즈마 공정장치에 사용되는 안테나와 고주파 전원의 일례를 나타낸 개략도;

도 3e는 도 3d의 등가회로도;

도 4는 도 3a에 도시된 본 실시예의 장치에서 플라즈마 인가전력의 주파수에 따른 플라즈마 전자의 온도를 나타낸 그래프;



도 5a는 종래기술의 유도결합 플라즈마 공정장치에서 안테나에 13.56MHz, 2kW의 고주파 전력을 인가한 경우의 라디칼 특성을 나타낸 그래프;

도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 병렬 안테나 유도결합 플라즈마 공정장치에서 안테나에 100MHz, 2kW의 초단파 전력을 인가한 경우의 라디칼 특성을 나타낸 그래프; 및

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 유도결합 플라즈마 공정장치의 병렬 안테나와 초단파 전원을 개략적으로 나타낸 도면이다.

#### 【발명의 상세한 설명】

#### 【발명의 목적】

#### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<14> 본 발명은 플라즈마 공정장치에 관한 것으로, 특히 고밀도 플라즈마를 발생시켜 대면적의 기판에 대한 공정을 진행할 수 있는 초단파 병렬 안테나 유도결합 플라즈마를 이용한 플라즈마 공정장치에 관한 것이다.

<15> 반도체 웨이퍼 또는 평판 표시장치 등과 같이 미세 패턴을 형성하여야 하는 기술 분야에서는, 플라즈마를 생성하여 건식 식각, 화학기상 증착, 스퍼터링 등의 각종 표면 처리 공정을 수행하는 경우가 많다. 최근에는 비용절감 및 쓰루풋(through-put) 향상 등을 달성하기 위하여, 반도체 웨이퍼나 평판 표시장치용 기판의 크기가 점점 커지는 추세에 있는데, 반도체 웨이퍼의 경우, 예컨대 직경 300mm 이상으로 대형화되는 경향을 보이고 있다. 따라서, 이러한 대형 웨이퍼나 기판을 가공하기 위한 플라즈마 공정장치의 규격도 변화하고 있다.

<16> 한편, 플라즈마 발생 방식으로는 다이오드(diode) 방식, 마이크로파(microwave) 방식, 라디오파(radio frequency wave) 방식 등의 고주파 동력을 방식들이 있다. 그러나, 다이오드 방식에 의하면, 고전압의 제어가 곤란하고 고압의 기체 압력이 필요하기 때문에 미세 패턴을 가공하기에는 적절하지 못하다. 또한, 마이크로파 방식의 일종인 전자 가속 공명(Electron Cyclotron Resonance; ECR) 방식은 저압 하에서도 고밀도의 플라즈마를 생성할 수 있는 장점을 가지나, 플라즈마의 분포를 균일하게 형성하기가 곤란한 단점을 가지며, 이러한 단점은 플라즈마의 규모가 증가됨에 따라 더욱 현저해진다.

나아가, 유도 결합(inductively coupled) 방식이라고도 불리는 라디오파 방식의 일종인 헬리콘파(helicon wave) 방식에 의하면, 전기장과 자기장의 에너지를 복합하여 여기(excite)시킴으로써 소규모의 플라즈마에서는 균일한 분포를 갖는 고밀도의 플라즈마를 발생시킬 수 있으나, 플라즈마의 규모가 클 경우에는 밀도 분포가 균일하지 못하다는 단점을 여전히 갖는다. 또한, 종래의 플라즈마 공정장치는 RF(Radio Frequency) 고주파 전력을 인가하는 방식을 사용하나, 이는 플라즈마 전자온도를 낮추는 데 한계가 있다.

<17> 이하, 종래기술의 장치 중 최근에 많이 사용되는 유도 결합 방식의 플라즈마 공정장치를 첨부도면에 의해 설명하면서 그 문제점에 대해 알아보기로 한다.

<18> 도 1은 종래의 유도 결합 방식의 플라즈마 공정장치(100)를 개략적으로 나타낸 단면도이다. 도 1을 참조하면, 플라즈마 공정장치(100)는 진공용기부와 고주파 발생부로 구성되어 있다. 진공용기부는 그 내부에서 플라즈마가 생성되는 진공챔버(110), 반응기체를 공급하기 위한 기체 주입구(108), 반응완료된 기체를 배출하기 위한 진공 펌프(120) 및 기체 배출구(118)로 구성되어 있다. 진공챔버(110) 내부에는 웨이퍼 또는 기판(116) 등을 안착시키기 위한 척(chuck; 114)이 있으며, 진공챔버(110)의 상단에는 안테

나(104)를 올려 놓기 위한 절연체판(106)이 위치한다. 안테나(104)와 진공챔버(110)의 사이에 설치되어 있는 절연체판(106)은 안테나(104)와 플라즈마 사이의 용량성 결합(capacitive coupling)을 감소시킴으로써 고주파 전원으로부터의 에너지가 유도성 결합(inductive coupling)에 의해 플라즈마로 전달되는 것을 돕는다. 한편, 고주파 발생부는 안테나(104)에 연결되는 제1 고주파 전원(102)과, 척(114)에 연결되는 제2 고주파 전원(122)으로 구성되어 있다. 통상적으로 제1 및 제2 고주파 전원(102, 122)은 20MHz 이하의 주파수를 갖는 RF 전력을 안테나(104) 및 척(114)에 각각 인가하도록 설치된다.

<19>       상기 구조의 플라즈마 공정장치(100)는 다음과 같이 플라즈마를 생성한다. 즉, 초기에 진공챔버(110)의 내부가 진공화되도록 진공펌프(120)를 이용하여 그 내부를 배기시킨다. 그 다음, 플라즈마 발생용 반응가스를 기체 주입구(108)를 통해 진공챔버(110)의 내부에 주입하고, 필요한 압력으로 유지시킨다. 이어서, 제1 고주파 전원(102)으로부터, 예컨대 13.56MHz의 RF 전력을 안테나(104)에 인가한다. 이 때, RF 전력의 인가에 따라 안테나(104)가 이루는 평면과 수직방향으로 시간적으로 변하는 자기장이 유도된다. 이와 같이 시간적으로 변하는 자기장은 진공챔버(110)의 내부에 유도 전기장을 형성하는데, 이 유도 전기장이 전자를 가열하여 안테나(104)와 유도성으로 결합된(inductively coupled) 플라즈마를 발생하게 한다. 이렇게 가열된 전자들은 주변의 중성기체 입자들과 충돌하여 이온 및 라디칼(radical) 등을 생성하고 이들은 플라즈마 식각 및 증착에 이용되게 된다. 한편, 제2 고주파 전원(122)에 의해 척(114)에 인가되는 고주파 전력은 웨이퍼 또는 기판(116)에 입사하는 이온의 에너지를 제어할 수 있게 해준다.

<20>       도 2a는 종래기술의 유도결합형 플라즈마 공정장치에 사용되는 안테나와 고주파 전원의 일례를 나타낸 개략도이다. 도 2a를 참조하면, 고주파 전원(102a)이 나선형 직렬

안테나(104a)에 임피던스 정합 회로(103a)를 통하여 연결되어 있다. 이와 같은 구조에서는, 안테나(104a)를 구성하는 각 권선이 직렬 연결되어 있는 구조이므로, 권선마다 흐르는 전류량이 일정하게 된다. 이러한 경우, 유도 전기장 분포의 조절이 어려워 진공챔버 내벽에서의 이온 및 전자의 손실로 플라즈마 중심부가 높은 밀도를 갖게 되고 진공챔버의 내벽에 가까운 부분에서는 플라즈마 밀도가 낮아진다. 따라서, 플라즈마 밀도를 공간적으로 균일하게 유지하는 것이 극히 곤란하게 된다. 또한, 안테나의 각 권선이 직렬로 연결되어 있으므로, 안테나에 의한 전압 강하(voltage drop)가 커지고 이에 따라 플라즈마와의 용량성 결합에 의한 영향이 증가된다. 따라서, 전력 효율이 낮아지며 플라즈마의 균일성을 유지하는 것도 어렵게 된다.

<21> 도 2b는 도 2a의 등가회로도이다. 도 2b를 참조하면, 고주파 전원(102a)이 각 권선의 임피던스( $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ )에 인가된다. 여기서, 안테나의 각 권선에 해당하는 임피던스는 직렬 연결되어 병렬 연결된 것보다 크다. 따라서, 안테나와 진공챔버 사이에 설치되는 도 2a의 절연체판이 플라즈마에 의해 손상되는 문제점이 발생한다.

<22> 도 2c는 종래기술의 유도결합형 플라즈마 공정장치에 사용되는 안테나와 고주파 전원의 다른 예를 나타낸 개략도이다. 도 2c를 참조하면, 서로 위상이 다른 3개의 고주파 전원(102b, 102c, 102d)에 각각 접속된 3개의 분할 전극형 안테나들(104b, 104c, 104d)이 사용된다. 이와 같은 전극구조의 안테나에서는, 각 분할 전극에 가까운 위치에서는 플라즈마 밀도가 높고, 진공챔버의 중앙부일수록 플라즈마 밀도가 낮아 플라즈마의 균일성 확보에 어려움이 따르며, 특히 대면적의 기판을 처리하는 것이 현저히 곤란하다. 또한, 각각 독립적으로 동작하는 전원을 사용해야 하므로 비용이 증가하게 되며, 전원의 효율적인 사용을 위한 임피던스 정합(impedance matching)을 위해서는 각 분할 전극마다

독자적인 임피던스 정합회로들(103b, 103c, 103d)을 사용해야 하는 문제점이 있다.

- <23>       상기한 바와 같이, 종래기술의 유도결합형 플라즈마 공정장치에서는 임피던스가 높은 직렬형 안테나를 사용하기 때문에 20MHz 이상의 높은 주파수를 가진 고주파 전력을 발생시키는 고주파 전원을 이용할 수 없었다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <24>       따라서, 본 발명의 기술적 과제는 대면적의 기판을 균일한 공정으로 가공할 수 있는 플라즈마 공정장치를 제공하는 것이다.
- <25>       본 발명의 다른 기술적 과제는 생성되는 플라즈마의 전자온도를 낮추어 공정선택비를 향상시킬 수 있는 라디칼 비율을 얻을 수 있도록 하는 플라즈마 공정장치를 제공하는 것이다.
- <26>       본 발명의 또 다른 기술적 과제는 기판 상에 형성된 막에 대해 큰 식각 선택비를 가짐으로써 플라즈마 건식식각에 유용하게 활용할 수 있는 플라즈마 공정장치를 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

- <27>       상기 기술적 과제들을 달성하기 위한 본 발명의 플라즈마 공정장치는: 대면적 기판 상에 대규모의 플라즈마를 생성하기 위한 것으로서, 20~300MHz 범위의 주파수를 갖는 초단파 전력을 발생시키는 초단파 전원과; 상기 초단파 전원으로부터 그 각각이 고주파 전원을 공급받되, 자신들끼리 서로 병렬 접속되어 있는 적어도 둘 이상의 안테나들과;

상기 안테나들에 의해 생성된 유도 결합 플라즈마를 둘러싸며, 상기 기판에 대한 반응공간을 제공하는 진공챔버를 구비하는 것을 특징으로 한다.

<28> 이 때, 상기 안테나들의 적어도 하나에 가변부하가 직렬로 연결되는 것이 바람직하며, 상기 가변부하가 반드시 연결되는 상기 적어도 하나의 안테나가, 안테나 등가회로에서 최외측에 배치된 안테나인 것이 더 바람직하다. 더욱 더 바람직하기로는 상기 가변부하가 가변 커패시터이다.

<29> 또한, 상기 안테나들의 각각과 상기 초단파 전원과의 사이에 임피던스 정합을 위한 임피던스 정합회로를 더 포함할 수 있다.

<30> 그리고, 상기 병렬 접속된 안테나들 사이에 공진상태가 유지되도록 하는 것이 바람직하다.

<31> 또한, 상기 기판을 안착시키도록 상기 진공챔버 내에 설치되는 척을 더 구비하되, 상기 척에 20~300MHz 범위의 주파수를 갖는 초단파 전력을 발생시키는 또 다른 초단파 전원이 연결되도록 할 수도 있다.

<32> 이하 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 설명한다.

<33> 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 공정장치의 개략적 단면도이다. 도 1의 플라즈마 공정장치와 동일 구성요소는 도 3a에서 동일 참조번호로 표시하며 중복된 설명을 생략한다. 도 3a에 도시된 본 발명의 플라즈마 공정장치와 도 1에 도시된 종래기술의 플라즈마 공정장치는 서로 유사한 구조를 가지고 있으나, 병렬 안테나(104')와, 이에 초단파 전력을 인가하는 초단파(VHF) 전원(102')과, 임피던스 정합을 위해 안테나(104')와 초단파 전원(102') 사이에 위치한 임피던스 정합 회로(103')에 관해서는 서로

다른 구조를 갖는다. 초단파 전원(102')은 종래의 고주파 전원이 20MHz 이하 주파수의 고주파 전력을 안테나에 공급하는 것과는 달리, 이보다 더 높은 주파수인 20~300MHz의 초단파 전력을 안테나에 공급한다. 이러한 초단파 전원(102')의 장점에 관해서는 후술하기로 한다.

<34> 도 3b는 도 3a의 플라즈마 공정장치에 사용되는 안테나(104')와 고주파 전원(102')의 일례를 나타낸 개략도이다. 도 3b를 참조하면, 제1 내지 제4 안테나 유닛들이 각각 병렬로 연결되어 있다. 여기서, 제1 내지 제4 안테나 유닛이라 함은 A~B 영역, C~D 영역, E~F 영역, G~H 영역의 안테나 부분들 및 이들에 직렬 접속된 가변 부하들을 각각 의미한다. 초단파 전원(102')과 안테나(104') 사이에는 임피던스 정합회로(103')가 위치하며, 제1 내지 제4 안테나 유닛들의 각각에는 가변 부하, 예컨대 가변 캐패시터(105)가 접속되어 이들에 의해 이 안테나 유닛들 사이에 공진상태가 유지되도록 할 수 있다. 이와 같은 안테나 유닛들의 개수는 플라즈마 공정장치의 성능에 맞춰 축소 또는 확장할 수 있다.

<35> 도 3c는 도 3b의 등가회로도이다. 도 3c를 참조하면, 각 안테나 유닛에 포함된 안테나 부분은 단권선 또는 복권선으로 이루어질 수 있는데, 이들을 등가 저항과, 등가 인덕턴스가 모두 포함된 임피던스들( $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ )로 표시하였다. 각 안테나 유닛에 의한 등가 임피던스의 허수부가 0(zero)이 되도록 가변 캐패시터(105)들을 조절하면 공진상태가 유지되며, 이러한 공진상태가 되면 각 안테나 유닛 내부에 흐르는 전류의 크기가 서로 같게 된다. 따라서, 이 과적을 통해 최외측에 위치한 안테나 유닛의 전류를 증가시킬 수 있게 된다.

<36> 즉, 본 실시예에서 안테나들 자체의 전달 에너지를 조절하기 위한 가변 캐패시터

(105) 크기를 결정하고, 안테나들 상호간에 공진상태를 형성하도록 공진 가변 캐퍼시터 (105)의 크기를 조절한 다음, 초단파 전원(102')과의 임피던스를 정합시킴으로써 초단파 전원(102')으로부터 공급되는 에너지가 진공 챔버 내부의 플라즈마로 효율적으로 전달될 뿐 아니라, 위치에 따른 플라즈마의 균일도도 증가시키게 한다. 본 실시예에서 사용되는 안테나는 공진상태를 유지할 수 있는 조건이 유지되기만 한다면, 임의의 개수의 안테나 유닛을 포함할 수 있다. 각 안테나 유닛은 가변 부하를 포함하게 하고, 그 중 두 개의 안테나 유닛 내에 부착된 가변 부하의 크기를 조절함으로써 두 안테나 유닛에 흐르는 전류를 조절할 수 있고, 나머지 안테나 유닛은 회로 내 공진상태를 유도하는 데 사용할 수 있다. 이러한 실시예는 공진상태에 있는 안테나 유닛이 외측 권선을 형성하고, 나머지 안테나 유닛이 내측 권선을 형성하도록 하여 안테나 전체에 걸쳐 에너지의 균일도를 용이하게 향상시킬 수 있다. 내측 안테나 유닛의 가변 부하는, 도 3d 및 도 3e에 도시한 바와 같이, 다른 실시예에서는 생략될 수도 있음에 유념해야 한다.

<37> 본 실시예의 장치에 의하면, 초단파 병렬 안테나 유도결합 플라즈마를 이용하므로 안테나에 공급되는 플라즈마 전력의 주파수가 증가하더라도 임피던스 정합문제가 발생하지 않는다. 따라서, 20~300MHz 범위의 주파수를 갖는 초단파 전력을 안테나에 인가하여 낮은 전자온도의 고밀도 플라즈마를 발생시킬 수 있다. 즉, 전자온도를 1.5~2.5eV로 제어할 수 있어서, 반응기체를 최적 조건으로 전리시킬 수 있다.

<38> 도 4는 도 3a에 도시된 본 실시예의 장치에서 플라즈마 인가전력의 주파수에 따른 플라즈마 전자의 온도를 나타낸 그래프이다. 도 4를 참조하면, 플라즈마 인가전력의 주파수가 증가함에 따라 플라즈마의 전자온도가 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 본 실시예의 플라즈마 공정장치는 초단파 병렬 공명 안테나 유도결



합을 이용하기 때문에 플라즈마 전력의 주파수가 초단파 대역(20~300MHz)에 있다하더라도 임피던스 정합이 쉬워서 초단파 전력이 효율적으로 플라즈마를 발생시킬 수 있으며, 전자온도를 낮출 수 있다.

<39> 도 5a는 종래기술의 유도결합 플라즈마 공정장치에서 안테나에 13.56MHz, 2kW의 고주파 전력을 인가한 경우의 라디칼 특성을 나타낸 그래프이다.  $C_4F_8$ 와 Ar의 혼합기체에 대해  $CF_x$  라디칼의 형성정도를 조사하였는데, 이 때의 진공챔버 내의 압력은 2mTorr이었다. 조사결과, 플라즈마의 전자온도는 약 3eV인 것으로 나타났다.

<40> 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 병렬 안테나 유도결합 플라즈마 공정장치에서 안테나에 100MHz, 2kW의 초단파 전력을 인가한 경우의 라디칼 특성을 나타낸 그래프이다. 도 5a의 결과와 비교하기 위해, 진공챔버 내의 압력은 2mTorr로 유지시켰는데, 이 경우 플라즈마의 전자온도는 약 2eV이었다. 도 5a 및 5b를 참조하면, 안테나에 100MHz의 초단파 전력을 인가했을 때가 플라즈마의 전자온도가 낮아서 라디칼이 많이 형성됨을 알 수 있다.

<41> 도 5a 및 5b를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 병렬 안테나 유도결합 플라즈마 공정장치에서 초단파 플라즈마 전력을 인가한 후에는 식각반응기체 중  $CF_2$ ,  $CF_3$  등의 존재율은 높은 반면 F 라디칼의 생성율은 낮도록  $CF_x$ 와 F의 라디칼 비율이 적절하게 조절됨을 알 수 있다.

<42> 또한, 본 발명의 실시예에 따른 병렬 안테나 유도결합 플라즈마 공정장치에서, 병렬 안테나를 공명 안테나 유닛으로 사용할 경우, 외측 안테나의 공명 캐패시터로 안테나에 흐르는 전류를 제어함으로써 균일한 플라즈마 밀도를 얻을 수 있다.

<43> 요약하면, 유도결합 플라즈마 공정장치에 병렬 안테나를 사용하면 종래기술의 직렬형 안테나에 비해 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다. 즉, 안테나의 임피던스가 낮아 임피던스 정합이 용이하며, 안테나에 흐르는 전류가 높아져 고밀도 플라즈마를 쉽게 생성시킬 수 있다. 또한, 안테나에 걸리는 전압이 낮아져 플라즈마에 의해 생성되는 용량성 전기장에 의한 절연체판의 손상을 최소화할 수 있다. 아울러, 병렬 안테나의 임피던스가 낮아 초단파를 인가하더라도 임피던스 정합이 쉬워서 라디칼을 다량 형성할 수 있다.

<44> 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 유도결합 플라즈마 공정장치의 병렬 안테나와 초단파 전원을 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 6을 참조하면, 권선별로 병렬 연결된 안테나에도 초단파가 인가된다.

<45> 한편, 각 실시예에서는 설명되지 않았지만, 본 발명의 플라즈마 공정장치의 안테나 이외에도 기판을 안착시키는 척에도 20~300MHz 범위의 주파수를 갖는 초단파 전력이 인가될 수 있다. 이와 같이 척에 초단파 전력이 인가되면, 기판에 입사되는 이온의 에너지를 용이하게 제어해가며 반응기체를 전리시켜 많은 라디칼을 생성시킬 수 있다.

### 【발명의 효과】

<46> 상기와 같은 본 발명의 플라즈마 공정장치는 플라즈마 건식식각 공정에 적용될 경우, 특히 유용하다. 왜냐하면, CF<sub>x</sub> 계열의 식각기체를 사용하여 건식 식각공정을 진행할 경우, 반응기체에 초단파 플라즈마 전력을 인가하여 반응기체를 분해하면 식각반응기체 중 CF<sub>2</sub>, CF<sub>3</sub> 등의 존재율은 높은 반면 F 라디칼의 생성율은 낮도록 CF<sub>x</sub>와 F의 라디칼 비율을 적절하게 조절할 수 있기 때문이다. 따라서, 공정선택비 향상을 위한 적절한 라디

칼 비율로 인해 특히 우수한 건식식각 공정결과를 얻을 수 있다.

<47> 본 발명은 상기 실시예들에만 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 많은 변형이 가능함은 명백하다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

대면적 기판 상에 대규모의 플라즈마를 생성하기 위한 플라즈마 공정장치에 있어서

20 ~ 300MHz 범위의 주파수를 갖는 초단파 전력을 발생시키는 초단파 전원과;

상기 초단파 전원으로부터 그 각각이 고주파 전원을 공급받되, 자신들끼리 서로 병렬 접속되어 있는 적어도 둘 이상의 안테나들과;

상기 안테나들에 의해 생성된 유도 결합 플라즈마를 둘러싸며, 상기 기판에 대한 반응공간을 제공하는 진공챔버를 구비하는 플라즈마 공정장치.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서, 상기 안테나들의 적어도 하나에 가변부하가 직렬로 연결된 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정장치.

**【청구항 3】**

제2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 안테나가, 안테나 등가회로에서 최외측에 배치된 안테나인 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정장치.

**【청구항 4】**

제3항에 있어서, 상기 가변부하가 가변 커패시터인 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정장치.

**【청구항 5】**

제1항 내지 제4항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 안테나들의 각각과 상기 초단파

전원과의 사이에 임피던스 정합을 위한 임피던스 정합회로를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정장치.

【청구항 6】

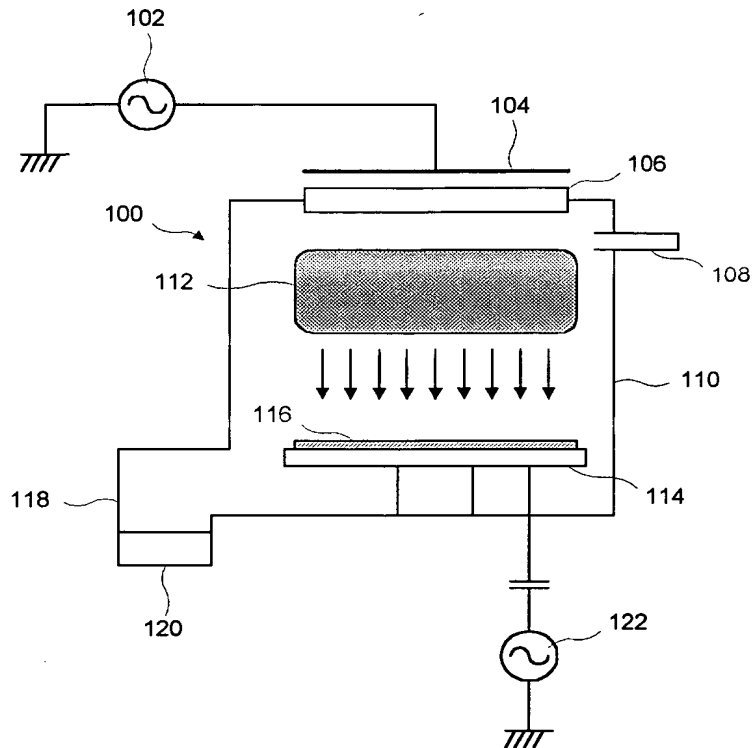
제5항에 있어서, 상기 병렬 접속된 안테나들 사이에 공진상태가 유지되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정장치.

【청구항 7】

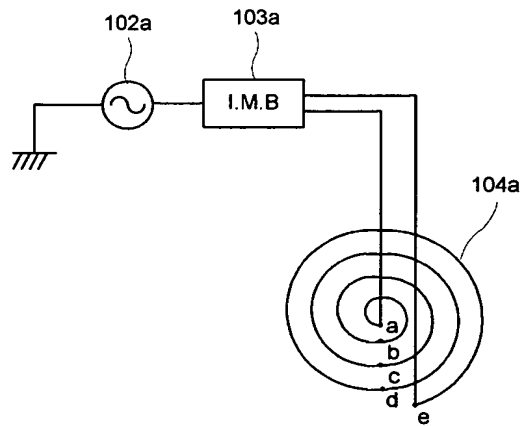
제6항에 있어서, 상기 기판을 안착시키도록 상기 진공챔버 내에 설치되는 척을 더 구비하되, 상기 척에 20~300MHz 범위의 주파수를 갖는 초단파 전력을 발생시키는 또 다른 초단파 전원이 연결되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정장치.

## 【도면】

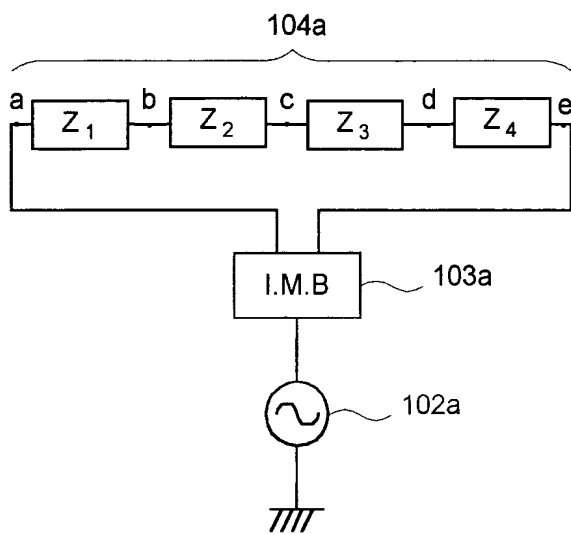
【도 1】



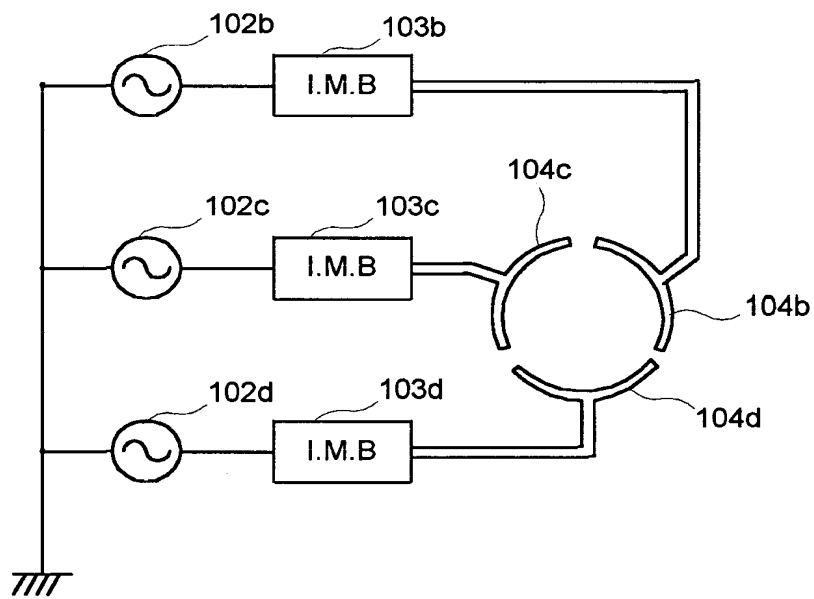
【도 2a】



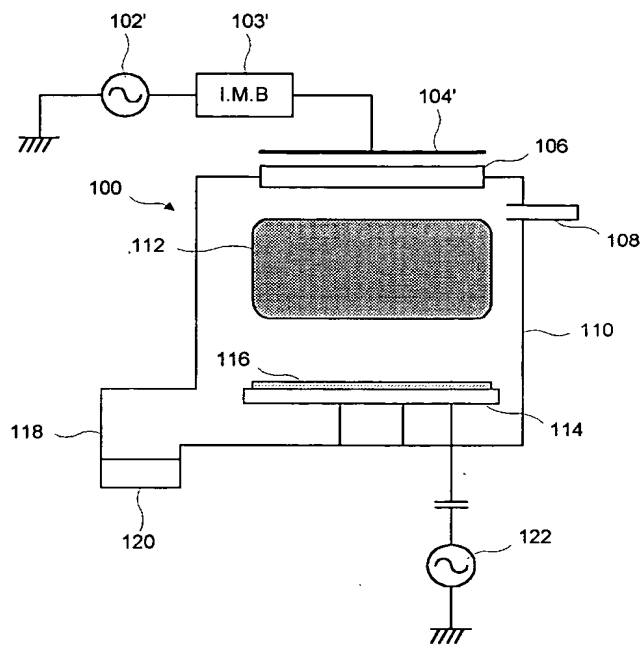
【도 2b】



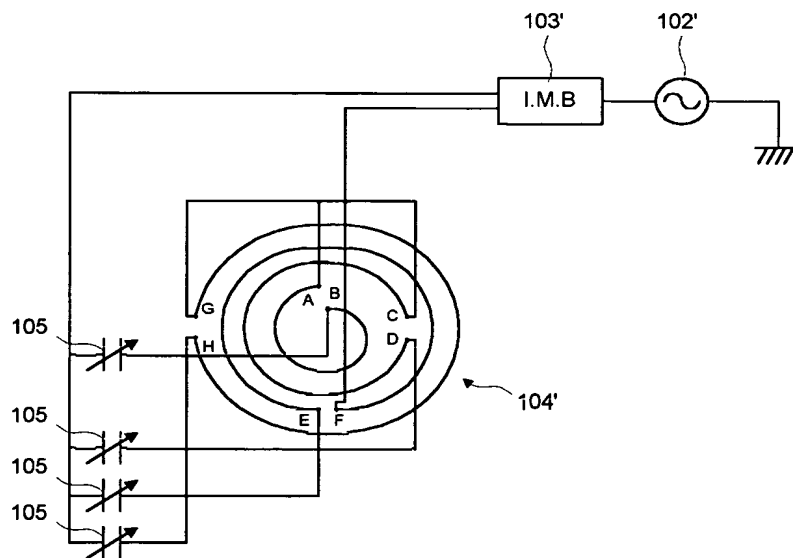
【도 2c】



【도 3a】

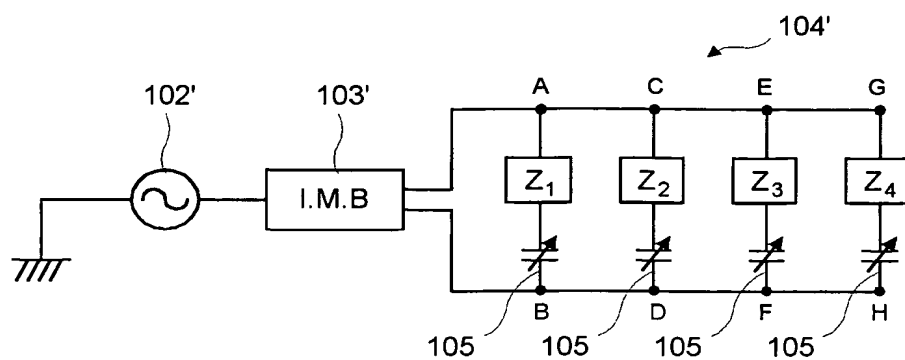


【도 3b】

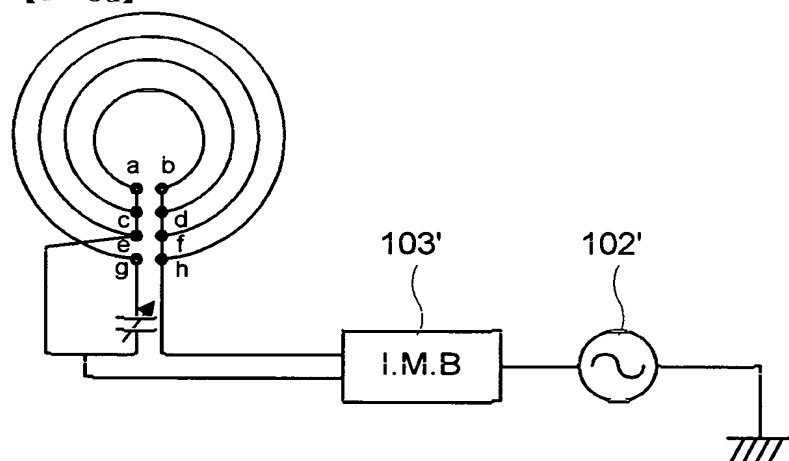




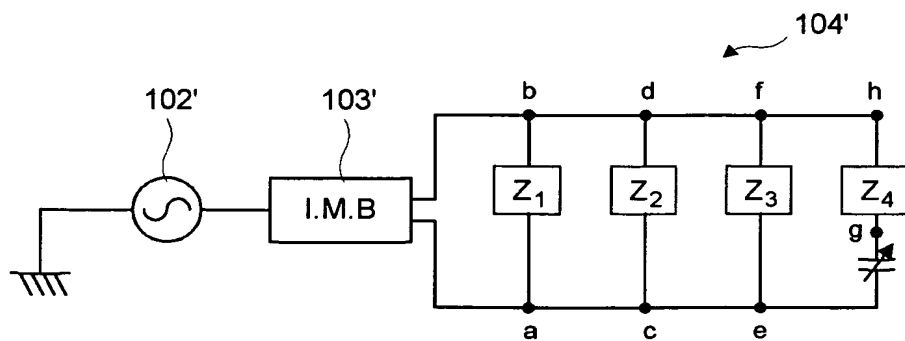
【도 3c】



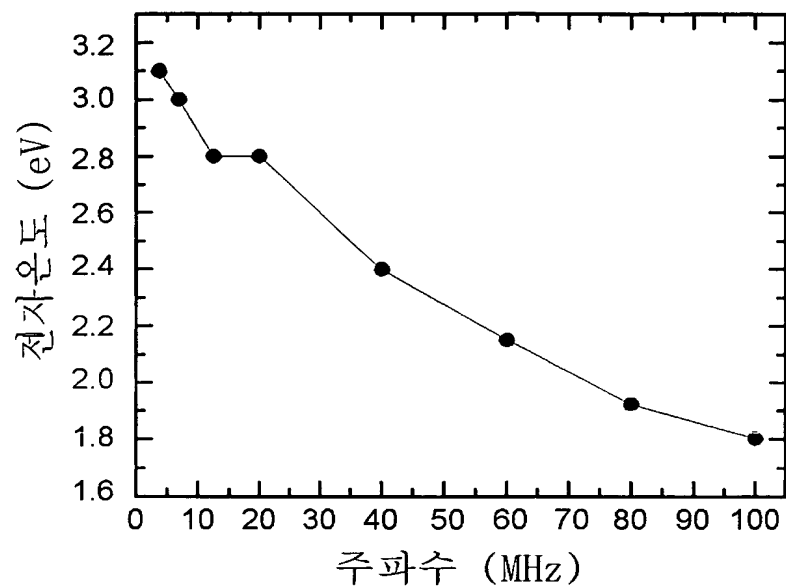
【도 3d】



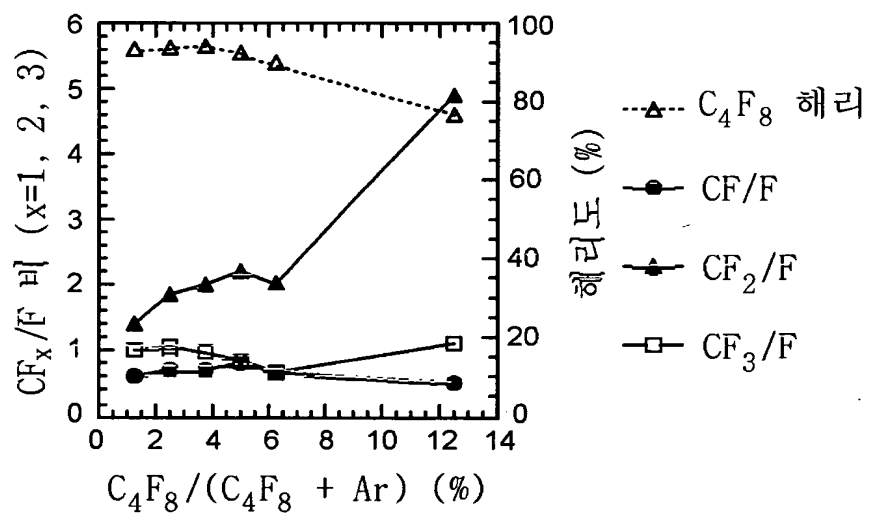
【도 3e】



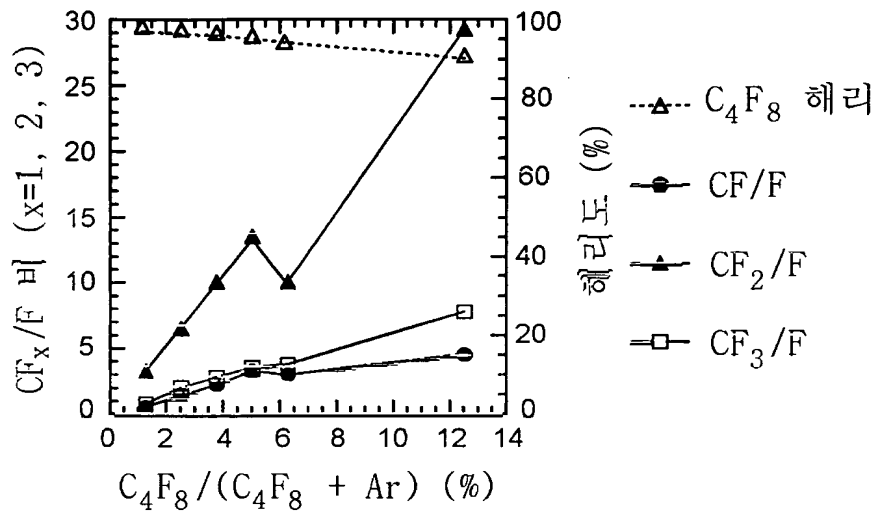
【도 4】



【도 5a】



【도 5b】



【도 6】

